

Mobile application based on geolocation and Voice Assistant for private transportation of visually impaired individuals in Trujillo

Junior Dicarlo Aguilar Bernabe¹, Aderhold Paul Rodriguez Murga¹, Fernando Sierra-Liñan¹

¹Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, N00234538@upn.pe, N00260032@upn.pe, fernando.sierra@upn.edu.pe

Abstract– *This study presents an innovative mobile application that integrates geolocation and a voice assistant, specifically designed to improve private transportation experiences for visually impaired individuals in Trujillo, La Libertad. The main innovation lies in offering an inclusive and context-aware technological solution focused on user accessibility and autonomy. Using a quantitative, quasi-experimental design, the research evaluates the impact of this tool in three key dimensions: reduction of service request time, cost decrease, and increased user satisfaction. Results show a 36.84% reduction in average boarding time, a 33.33% decrease in service costs, and a significant improvement in user satisfaction—from deficient to excellent levels. These improvements highlight the transformative potential of accessible technology in enhancing mobility and social inclusion for visually impaired individuals. The study also emphasizes the importance of user-centered technological development, incorporating features such as voice commands and intuitive navigation to overcome traditional service access barriers. The findings support the proposed objectives and lay the groundwork for future research and development in accessible technologies, underscoring their role in building more inclusive societies.*

Keywords– *Social Inclusion, Mobile Application, Visual Impairment, Accessibility.*

Aplicación móvil basada en geolocalización y Asistente de Voz para el transporte privado en personas con discapacidad visual en Trujillo

Junior Dicarlo Aguilar Bernabe¹, Aderhold Paul Rodriguez Murga¹, Fernando Sierra-Liñan¹

¹Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, N00234538@upn.pe, N00260032@upn.pe, fernando.sierra@upn.edu.pe

Resumen— El estudio presenta una aplicación móvil innovadora que integra geolocalización y un asistente de voz, diseñada específicamente para mejorar la experiencia de transporte privado en personas con discapacidad visual en Trujillo, La Libertad. Su principal novedad radica en ofrecer una solución tecnológica inclusiva y contextualizada, centrada en la accesibilidad y autonomía del usuario. Con un enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, el estudio evalúa como la implementación de esta herramienta tecnológica impacta en tres dimensiones claves: la reducción del tiempo de solicitud del servicio, la baja en los costos y la mejora en la experiencia de los usuarios. Los resultados demuestran que la aplicación logró reducir el tiempo promedio de abordaje en 36.84%, disminuir costos en 33.33% por servicio y elevar significativamente la satisfacción de los usuarios, pasando de niveles considerados deficientes a calificaciones de excelencia. Estas mejoras subrayan el potencial transformador de la tecnología accesible para incrementar la autonomía y movilidad de individuos con visión reducida, fomentando su integración social y económica. El estudio también destaca la importancia de desarrollar soluciones tecnológicas centradas en las necesidades específicas de los usuarios, integrando características como comandos de voz y navegación intuitiva, lo que permite superar barreras tradicionales en el acceso a servicios. Los hallazgos confirman los objetivos planteados y sientan las bases para futuros desarrollos e investigaciones en tecnologías accesibles, destacando su contribución a la creación de comunidades más inclusivas.

Palabras Claves: Inclusión Social, Aplicación Móvil, Discapacidad Visual, Accesibilidad.

I. INTRODUCCIÓN

La inclusión social en el transporte privado para discapacitados visuales es un desafío significativo que impacta directamente su bienestar y su integración en la sociedad. A nivel mundial, la discapacidad visual es una de las causas más importantes de limitación funcional, lo que genera barreras en la movilidad y autonomía de quienes la experimentan [1]. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización panamericana de la Salud (OPS), estas carencias visuales dificultan la realización de actividades cotidianas, afectando negativamente tanto a las personas discapacitadas como a sus familias [2][3]. Aunque las personas con y sin discapacidad suelen utilizar los mismos medios de transporte, las personas con discapacidad enfrentan el doble de dificultades para acceder a ellos, lo que reduce su participación en el empleo y otras actividades sociales [4].

La Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) señala que la conexión entre la discapacidad visual y la "dependencia" ha existido de manera continua en todas las sociedades [5]. Esta visión, junto con la baja incidencia de la

discapacidad, ha llevado a que, hasta tiempos recientes, no se hayan promovido adecuadamente las oportunidades para quienes la experimentan.

En este contexto, los discapacitados visuales enfrentan importantes desafíos en su movilidad y acceso al transporte privado, lo que impacta negativamente en su bienestar y reduce sus oportunidades de integración en la comunidad [6]. Esta situación revela que dependen de otros para satisfacer sus necesidades de transporte, restringiendo su capacidad para acceder a servicios esenciales y participar en actividades laborales y educativas. Sin embargo, la tecnología emerge como una herramienta poderosa para transformar esta realidad. Según [7], el uso de tecnologías asistidas hace posible que individuos con discapacidad visual puedan desempeñar actividades domésticas de forma más independiente, destacando la importancia clave de las tecnologías en el fortalecimiento de la autonomía y la inclusión en la vida cotidiana. En este mismo sentido, [8] destacan que diseñar soluciones tecnológicas educativas inclusivas, especialmente en áreas como STEM, permite empoderar a los estudiantes con discapacidad visual mediante herramientas accesibles y adaptadas que fomentan tanto su participación como su desarrollo académico.

Desde una perspectiva metodológica, el desarrollo de esta aplicación se basará en metodologías ágiles, como Mobile-D, que permite una adaptación continua a las necesidades de quien lo emplea y a las alteraciones del entorno tecnológico. Esta metodología es particularmente adecuada para proyecto de aplicaciones móviles en los que la retroalimentación del usuario es crucial para el éxito. Al involucrar a discapacitados visuales en todas las fases del desarrollo, a partir del diseño hasta las pruebas de usuario, se garantiza que la aplicación final se ajuste a sus necesidades reales.

El proceso de diseñar una aplicación de taxi accesible para el transporte privado de discapacitados visuales en Trujillo busca solventar las barreras existentes y promover su inclusión social. Su objetivo principal es ofrecer una solución innovadora y adaptada a las necesidades específicas de este grupo demográfico. Esto se logra permitiéndoles solicitar y utilizar servicios de transporte privado de forma independiente y segura, todo mediante comandos de voz. Esta solución tecnológica representa un avance significativo en la búsqueda de opciones para mejorar la accesibilidad y el bienestar de los discapacitados visuales en Trujillo. Al proporcionar una plataforma que se adapte a sus necesidades, se espera fomentar su autonomía, hacer más fácil su integración en la sociedad y fomentar su contribución en diversos ámbitos de la vida cotidiana.

A pesar de los avances en tecnologías móviles, geolocalización y asistentes de voz, existe una carencia

significativa de soluciones tecnológicas diseñadas con el propósito de mejorar el tránsito autónomo de personas con limitación visual en contextos locales como Trujillo, La Libertad. La mayoría de las aplicaciones disponibles priorizan públicos generales o entornos urbanos altamente desarrollados, sin considerar las necesidades particulares de accesibilidad, infraestructura y contexto sociocultural de esta población en regiones intermedias. Esta brecha limita el desarrollo de herramientas móviles verdaderamente inclusivas que integren eficazmente la geolocalización y el control por voz para facilitar la autonomía y seguridad en el transporte privado de personas con discapacidad visual en Trujillo.

En este sentido, el foco principal de este estudio es examinar de qué manera una aplicación móvil accesible puede impactar la inclusión social de las personas con discapacidad visual en Trujillo, mediante su uso en el transporte privado. Se busca responder a la pregunta central que aborda esta investigación: ¿En que medida el desarrollo de una aplicación móvil accesible mejorará la inclusión social en el transporte privado de discapacitados visuales en Trujillo? Este estudio responderá a esta interrogante mediante un análisis detallado del desarrollo y uso de la aplicación, así como de las experiencias y percepciones de los usuarios con discapacidad visual en Trujillo.

II. ESTADO DEL ARTE

Para esto, los antecedentes identificados respaldan la investigación sobre la evaluación del efecto de las apps móviles accesibles en la integración social de personas con discapacidad visual. Este análisis se basa en estudios previos que han explorado diversas tecnologías y su aplicabilidad en la mejora de la inclusión social de discapacitados visuales y su bienestar.

Los autores [9], llevaron a cabo un estudio cuyo propósito fue el diseño y desarrollo de sistema denominado V2IP, orientado a mejorar la facilidad de acceso al transporte público para personas con discapacidad visual, mediante el uso de IoT. Este sistema constaba de una app móvil conectada a un dispositivo IoT instalado en los autobuses, que transmitía su ubicación en tiempo real. Esto permitía a los usuarios identificar el autobús correcto con antelación, reduciendo errores de abordaje, pérdidas de conexión y tiempos de espera. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la eficiencia del desplazamiento, destacando la utilidad del sistema para optimizar el tiempo en los traslados urbanos.

De la misma manera, [10] abordaron la necesidad de mejorar la planificación y seguimiento de viajes en transporte público para personas con discapacidad visual, quienes a menudo enfrentan dificultades para organizar sus desplazamientos con anticipación. Frente a este reto, propusieron un sistema de asistencia que ofrecía diversas opciones de ruta, considerando el tiempo estimado de espera, la duración del trayecto y la ubicación de las paradas. Una vez seleccionada la ruta deseada, el sistema proporcionaba actualizaciones periódicas sobre la proximidad del autobús y permitía la programación anticipada de viajes, emitiendo notificaciones para indicar el momento

adecuado para salir. Esta solución contribuyó a una gestión más eficiente del tiempo de traslado.

De la misma forma, [11] desarrollaron un servicio de información orientado a individuos con discapacidad visual para su utilización en el transporte público. El estudio incluyó una evaluación centrada en las actitudes, así como el grado de conformidad de los usuarios con los servicios informativos existentes, identificando carencias significativas en la experiencia de viaje. Como resultado, se propuso una solución basada en tecnologías móviles e información contextual en tiempo real, diseñada para aumentar la autonomía y reducir la incertidumbre durante el trayecto. Los resultados demostraron una mejora en la percepción de seguridad, confianza y comodidad al desplazarse, evidenciando un impacto positivo en la satisfacción general de los usuarios.

En esta misma dirección, [12] reconocieron la importancia de contar con herramientas de navegación precisas y confiables que respondan de forma eficaz a los desafíos de movilidad de las personas con discapacidad visual. Con este objetivo, desarrollaron e implementaron mGuide, un sistema de navegación basado en teléfonos móviles. El estudio se enfocó en evaluar la fiabilidad, precisión y capacidad de respuesta del sistema, y los resultados obtenidos a través de escalas de usabilidad mostraron altos niveles de satisfacción. Los usuarios valoraron especialmente la predictibilidad de las funciones, el soporte efectivo durante sus actividades de desplazamiento y la capacidad del sistema para corregir errores rápidamente, lo que mejoró sustancialmente su experiencia de uso.

Finalmente, los autores [13] desarrollaron una aplicación móvil que mostró ser una herramienta eficaz para asistir a personas con discapacidad visual a localizar con precisión las paradas de autobús, gracias a su sistema de visión por computadora y retroalimentación sonora. La app permitió a los usuarios confiar plenamente en el transporte público para sus desplazamientos diarios. Al facilitar el acceso autónomo y confiable a las paradas, la aplicación contribuye a reducir los costos generales de transporte, ya que las personas pueden depender más del transporte público y optimizar sus recorridos, evitando gastos adicionales que antes podían generarse por la falta de precisión al ubicar las paradas o por la necesidad de apoyo externo.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil accesible para mejorar el acceso al transporte privado de discapacitados visuales en Trujillo

B. Objetivos Específicos

- Determinar cómo el desarrollo de una aplicación móvil accesible reduce el tiempo de abordar el servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo.
- Determinar como el desarrollo de una aplicación móvil reduce el costo del servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo
- Determinar cómo el desarrollo de una aplicación móvil accesible mejora el nivel de satisfacción de los

discapacitados visuales en el uso de servicios de transporte privado en Trujillo

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación emplea la metodología ágil Mobile-D para crear una aplicación móvil accesible, con la finalidad de evaluar su influencia en la inclusión social de personas con discapacidad visual en Trujillo. Se trata de un estudio aplicado, orientado a solucionar de manera inmediata un problema concreto.

El diseño es cuasiexperimental, con dos grupos (experimental y control), aplicando pruebas pre y post test para medir los efectos de la aplicación. El enfoque es cuantitativo, centrado en el análisis de datos numéricos sobre el uso de taxis privados por personas con discapacidad visual.

Debido a limitaciones, se trabajará con una muestra representativa de 44 personas, seleccionadas cuidadosamente para asegurar la validez de los resultados. El tamaño de la muestra se ha calculado utilizando la fórmula estadística para la estimación de proporciones:

$$n = Z^2 \times (p) \times (1 - p) / c^2 \quad (1)$$

Para los indicadores de “reducción del tiempo de abordar el servicio de transporte privado” y “reducción del costo para el servicio de transporte privado” se utilizó la técnica de observación junto con una ficha de observación como instrumento; para el indicador “nivel de satisfacción”, se aplicó la técnica de la escala de Likert, utilizando como instrumento un cuestionario. La Tabla I muestra los indicadores, técnicas e instrumentos.

TABLA I
INDICADORES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

<i>Indicador</i>	<i>Técnica</i>	<i>Instrumento</i>
Reducción del tiempo de abordar el servicio de transporte privado	Observación	Ficha de Observación
Reducción del costo para el servicio de transporte privado	Observación	Ficha de Observación
Nivel de Satisfacción	Escala de Likert	Cuestionario

En primer lugar, se realizó la recolección de datos, que posteriormente fueron entregados a los especialistas para su análisis, asegurando que cumplieran con los objetivos establecidos para los instrumentos. Tras la aprobación por parte de los expertos, dichos instrumentos fueron considerados adecuados.

V. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Para el desarrollo de la aplicación “EasyGO” pensada específicamente en discapacitados visuales se utilizó la metodología Mobile-D, esta metodología se compone de cinco fases clave (A) exploración, (B) inicialización, (C) producción, (D) estabilización y (E) pruebas del sistema.

A. Fase Exploración

En esta fase se consideró diversos requisitos, tales como la identificación de los Stakeholders y la definición de las historias

de usuario, las cuales determinan las actividades que se llevarán a cabo dentro del sistema, para la planificación se estableció reuniones con los involucrados en el proyecto para finalmente se realizara el plan de entrega de actividades.

A continuación, se muestran los requerimientos funcionales del sistema detallados en la Tabla II.

TABLA II
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

<i>ID</i>	<i>Descripción</i>
RF01	El usuario debe poder iniciar sesión
RF02	La función de solicitud de taxi debe ser accesible mediante comandos de voz y ofrecer descripciones auditivas de la ubicación actual y las opciones de destino.
RF03	Los elementos interactivos deben ser accesibles a través de comandos de voz.
RF04	La aplicación debe poder proporcionar retroalimentación auditiva para confirmar la solicitud de taxi y proporcionar una estimación del costo.
RF05	La aplicación debe poder permitir a las personas con discapacidad visual registrarse de manera accesible.
RF06	El proceso de registro debe ser accesible mediante comandos de voz y lectores de pantalla.
RF07	La solicitud de taxi debe poder realizarse mediante comando de voz para facilitar su uso.
RF08	Los usuarios deben poder seguir en tiempo real la ubicación del taxi solicitado.
RF09	La aplicación debe proporcionar actualizaciones de estado (por ejemplo, “Taxi en camino”, “Taxi ha llegado”) mediante alertas de voz y vibraciones.
RF10	La aplicación debe poder incluir instrucciones de voz claras para guiar al usuario hacia el taxi de manera segura.
RF11	La aplicación debe poder proporcionar un resumen de la tarifa y permitir al usuario revisar el costo antes de confirmar el viaje.
RF12	La aplicación debe poder ofrecer un sistema de asistencia accesible, permitiendo a los usuarios solicitar ayuda en casos de problemas durante el viaje.
RF13	La aplicación debe incluir una guía accesible sobre cómo utilizar la aplicación, disponible en formato de audio.

B. Fase inicialización

Para el desarrollo de Easy Go, el equipo estableció un entorno de trabajo moderno y eficiente. Se seleccionaron las tecnologías que mejor se adaptan a los requerimientos de accesibilidad y escalabilidad del proyecto:

- Frontend: Flutter, por su capacidad multiplataforma y soporte avanzado para accesibilidad, incluyendo comandos de voz, gestos táctiles y retroalimentación háptica (vibración).
- Backend: Node.js con Express, para crear una API REST robusta, ligera y escalable.
- Base de datos: PostgreSQL desplegada en la nube para garantizar acceso remoto confiable y alto rendimiento.
- Infraestructura: El servidor backend fue desplegado en una instancia EC2 de AWS, lo que permite una mayor flexibilidad, escalabilidad y control sobre el entorno de ejecución.

La comunicación con los stakeholders se mantuvo constante mediante reuniones periódicas, correos electrónicos y llamadas telefónicas para validar funcionalidades y ajustar los requerimientos a medida que avanzaba el desarrollo.

Asimismo, se configuró un repositorio en GitHub para el control de versiones, facilitando la integración continua (CI) y el despliegue automático (CD). En la Fig. 1 se muestra arquitectura general del sistema.

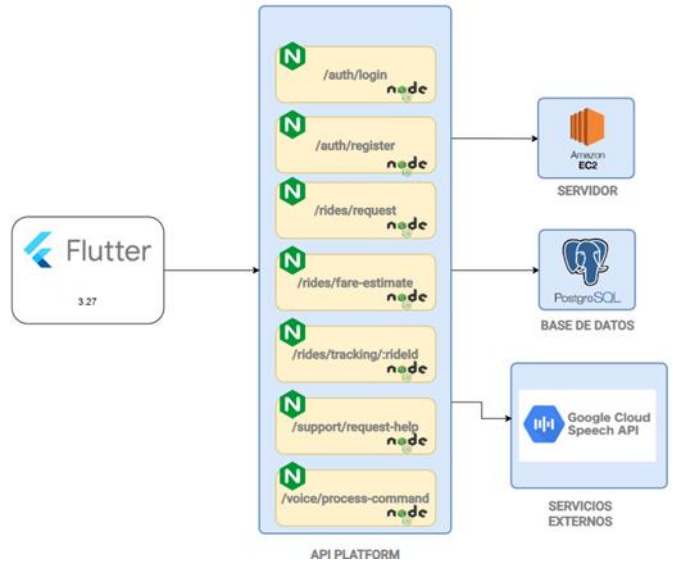


Fig. 1. Arquitectura General de Easy GO

- Frontend: Flutter con widgets accesibles, uso intensivo de Speech-to-Text (STT) y Text-to-Speech (TTS), y retroalimentación háptica para una experiencia táctil.
- Backend: Node.js y Express para la gestión de usuarios, viajes y conexión con la base de datos.
- Base de datos: PostgreSQL en la nube para almacenamiento seguro de perfiles, solicitudes y estadísticas.
- Servicios externos: APIs de voz (Google Speech API), geolocalización GPS, vibración y sensores táctiles integrados en dispositivos móviles.
- Control de versiones y despliegue: GitHub, pipelines de CI/CD e integración con plataformas cloud.

C. Fase Producción

Enfoque de diseño y accesibilidad

La interfaz de Easy Go ha sido diseñada bajo un principio fundamental: menos, es más, especialmente cuando el objetivo es la accesibilidad total. Esta aplicación está dirigida principalmente a personas ciegas o con discapacidad visual, por lo que el enfoque tradicional de aplicaciones móviles centradas en elementos visuales convencionales no solo resulta innecesario, sino que puede convertirse en una barrera.

Por ello, la app evita la sobrecarga visual, enfocándose en:

- Navegación simple mediante gestos táctiles básicos (doble toque, deslizamientos) y comandos de voz.
- Uso de respuestas auditivas claras y precisas para guiar al usuario en cada paso, sin necesidad de elementos gráficos complejos.

- Feedback háptico mediante vibraciones breves para confirmar acciones y ofrecer seguridad en la interacción.
- Animaciones sencillas y limpias, como ondas de voz animadas, que ayudan a usuarios con baja visión sin saturar la pantalla.
- Opciones para personalizar la experiencia según la preferencia o nivel de discapacidad visual, asegurando máxima autonomía.

En la Fig. 2 se muestra el diagrama lógico de la base de datos – PostgreSQL teniendo en cuenta los requisitos funcionales y el flujo estándar del proceso de pedido de taxi.

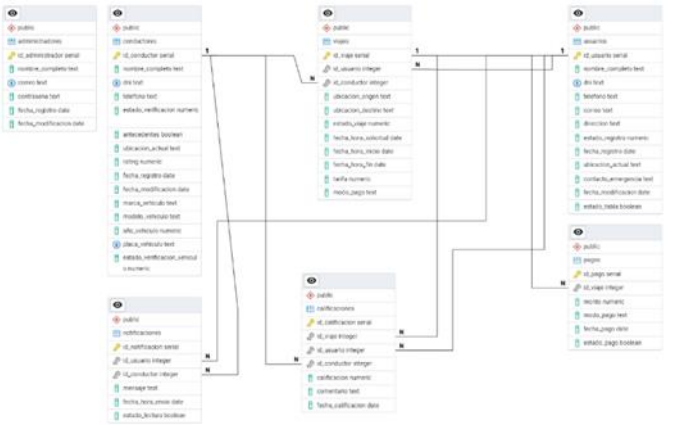


Fig. 2. Diagrama lógico de la BD

TABLA III
PLANIFICACIÓN DE ITERACIONES POR FASE

FASE	ITERACION	DESCRIPCION
EXPLORACION	Iteración 0	Establecimiento de stakeholders, definición de requerimientos funcionales y no funcionales, alcance y elección de tecnologías (Flutter, Node.js, PostgreSQL).
INICIALIZACION	Iteración 0	Diseño de la arquitectura móvil y backend, análisis de requisitos, definición inicial de interfaces accesibles.
PRODUCCION	Iteración 1	Configuración del entorno de desarrollo, verificación de herramientas, creación de repositorio GitHub, desarrollo inicial de la pantalla de bienvenida accesible.
	Iteración 2	Desarrollo del flujo de registro y autenticación por voz, sin formularios visuales, con almacenamiento seguro en PostgreSQL a través de API Node.js.
	Iteración 3	Implementación de la pantalla para selección de método de interacción (voz, gestos, combinado) con retroalimentación háptica y almacenamiento de preferencia.
	Iteración 4	Desarrollo del módulo para solicitud de viaje por voz: ubicación GPS, consulta destino, cálculo tarifa y confirmación verbal. Registro en base de datos.

FASE	ITERACION	DESCRIPCION
	Iteración 5	Implementación del seguimiento en tiempo real del viaje, comandos por voz para ubicación y cancelación, modo emergencia con envío de ubicación automática, y calificación final del servicio.

Detalle por Iteración:

Iteración 1: Configuración del entorno y pantalla de bienvenida

En esta primera iteración, se instalaron y configuraron las herramientas necesarias para el desarrollo: Flutter SDK para frontend, Node.js y Express para el backend, y PostgreSQL desplegada en la nube. Se estableció un repositorio en GitHub para el control de versiones, integración continua y colaboración entre el equipo.

Se diseñó y desarrolló la pantalla de bienvenida accesible, que incluye elementos visuales mínimos pero claros: un fondo blanco o negro según el modo elegido por el usuario, el logo de Easy Go, y ondas animadas que proporcionan señales tanto auditivas como visuales para indicar actividad y escucha activa. La interacción inicial puede hacerse mediante un doble toque o diciendo el comando de voz “Empezar”, con una vibración breve que confirma la acción.



Fig. 3. Bienvenida a Easy GO

Iteración 2: Registro y autenticación por voz

Durante esta iteración se desarrolló un flujo de registro completamente accesible, donde el usuario interactúa únicamente mediante comandos de voz. El sistema guía a través de preguntas básicas como nombre, edad y preferencias personales, confirmando cada dato con síntesis de voz para que el usuario pueda validar o corregir la información.

Para facilitar la experiencia, se habilitaron gestos táctiles simples para repetir la pregunta, cancelar o confirmar una respuesta. No se implementaron formularios visuales,

eliminando por completo las barreras para usuarios con discapacidad visual.

Los datos recolectados se envían a través de llamadas seguras al backend en Node.js, que los almacena en la base de datos PostgreSQL garantizando la seguridad y privacidad de la información.



Fig. 4. (a) Captura de nombre mediante comandos de voz, (b) Configuración de datos por voz



Fig. 5. Captura de edad mediante comandos de voz. Iteración 3: Espera y confirmación de verificación

Una vez enviado el perfil para verificación, el sistema mantiene al usuario informado mediante mensajes de voz mientras se procesa la autenticación facial.

El usuario puede elegir esperar en la app o cerrarla y recibir la notificación posteriormente. Al finalizar la verificación, se informa con un mensaje claro:

“Verificación completada. Bienvenido a Easy Go, [Nombre].”

Esta etapa es fundamental para la confianza del usuario y la seguridad del sistema.



Fig. 6. Espera de verificación

Iteración 4: Solicitud de viaje por voz

En esta etapa se creó el módulo que permite solicitar un viaje usando exclusivamente comandos de voz. La aplicación obtiene automáticamente la ubicación actual del usuario mediante GPS.

El sistema solicita verbalmente el destino, confirma la selección con el usuario y presenta distintas opciones de servicio con sus respectivas tarifas en soles peruanos y tiempos estimados de llegada, comunicando estos datos mediante síntesis de voz.

El usuario puede confirmar la opción deseada por voz o mediante un gesto (doble toque), y el backend registra la solicitud en PostgreSQL para su posterior gestión.



Fig. 7. Inicio del viaje



Fig. 8. (a) Solicitud de viaje, (b) Ofertas de viajes



Fig. 9. Detalle de oferta

Iteración 5: Seguimiento del viaje, emergencias y calificación

Finalmente, se implementó el seguimiento en tiempo real del viaje, con actualizaciones habladas del trayecto y el estado actual del viaje para mantener informado al usuario sin necesidad de mirar la pantalla.

Se añadieron comandos por voz como “¿Dónde estoy?”, “¿Cuánto falta?” y “Cancelar viaje” para facilitar el control total de la experiencia.

El modo emergencia se activó con una pulsación prolongada (de 2 segundos) en la pantalla, enviando automáticamente la ubicación actual a un contacto de confianza registrado.

Al finalizar el viaje, la aplicación solicita al usuario que califique el servicio y ofrece la opción de guardar el destino como frecuente para futuras solicitudes.

Toda esta información se almacena y gestiona en la base de datos para análisis y mejora continua.



Fig. 10. (a) Notificación de llegada del vehículo, (b) Emergencia activada

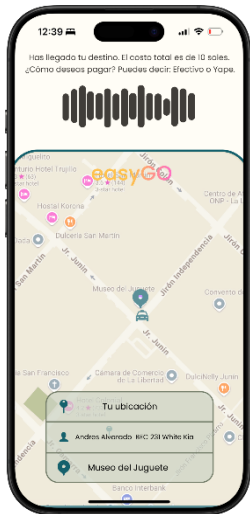


Fig. 11. Pago del servicio de transporte

D. Fase de Estabilización

En la etapa de estabilización del proyecto, la integración de módulos resulta esencial. Esta aplicación, construida con una arquitectura modular y adaptable, facilita una navegación sencilla a través del control por voz.

Algoritmo 1: EasyGO Navigation

Initialize:
Init EasyGoVoiceApp, VoiceNavigationManager, HapticFeedbackEngine

Setup:
Start voice services (TTS, ASR, audio feedback, es-MX)
Enable accessibility (haptics, voice prompts, high contrast UI)

Main Loop:

While app is running:
Render accessible UI (touch zones, wave animator, gesture layer)

Switch travelStage:
WAITING_MODE:
Prompt: "Doble toque para comenzar"
If double tap:
| Vibrate, animate, go to DESTINATION_REQUEST

DESTINATION_REQUEST:
Prompt: "¿A dónde quieres ir?"
Listen 30s
If voice input:
| Geocode + validate
| Save destination, go to CONFIRMATION
Else:
| Prompt retry, go to WAITING_MODE

CONFIRMATION:
Say: "Calculando ruta..."
Compute route (GPS + accessibility)
Play fare + ETA
If double tap:
| Dispatch trip, assign vehicle, go to DRIVER_ASSIGNED
Else if timeout:
| Cancel, return to WAITING_MODE

DRIVER_ASSIGNED:
Announce driver info
Monitor trip (live tracking, alerts, obstacles)
Enable SOS (triple tap / shake)

Parallel SafetyMonitor:
If risk detected:
| Vibrate alert, warn user, notify contact

Functions:
processVoiceCommand(input): NLP for destinations, requests, emergencies
accessibilityCheck(route): Verify paths, signals, driver training

E. Fase de Pruebas

resumenTarifa(): Se muestra un breve resumen de la tarifa, inicio y fin del viaje, todo mediante el uso de voz para facilitar el acceso de la información a nuestro público objetivo.

TABLA IV
CASO DE PRUEBA – RESUMEN DE TARIFA

Escenario Prueba	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	Comentario
USER	El usuario recibe un resumen claro del costo del viaje tanto visual como auditivamente.	Al momento de llegar al destino, la aplicación da un resumen de la tarifa, dando paso a el pago por el servicio.	Conforme.

VI. RESULTADOS

A continuación, se muestran las métricas empleadas en este estudio. En la Tabla V se pueden observar los resultados que evalúan la confiabilidad de los instrumentos de investigación. Dado que los valores obtenidos superan el 0.80, se concluye que los instrumentos poseen una alta confiabilidad.

TABLA V
CONFIABILIDAD

<i>Instrumentos</i>	<i>Prueba</i>	<i>Indicador</i>	<i>Resultado</i>
Ficha de Observación	Test-Retest	Reducción del tiempo	0.881
		Reducción del costo	0.864
Cuestionario	Alfa de Cronbach	Nivel de Satisfacción	0.839

A. Análisis descriptivos:

Indicador 1: Reducción del tiempo de abordar el servicio de transporte privado

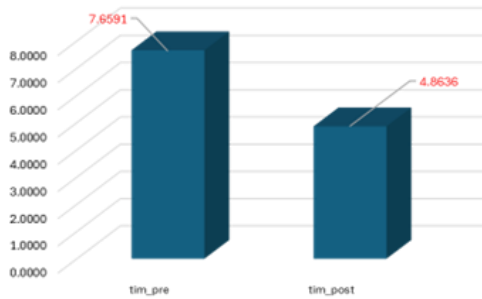


Fig. 12. Promedio de la reducción del tiempo de abordar el servicio de transporte privado

La Fig. 12 muestra que el tiempo promedio de abordaje del transporte privado se redujo de 7.6 minutos antes de la implementación del aplicativo móvil (tim_pre) a 4.8 minutos después (tim_post). Esta disminución evidencia un impacto positivo de la aplicación, mejorando la rapidez y efectividad en la experiencia del usuario.

Indicador 2: Reducción del costo para el servicio de transporte privado

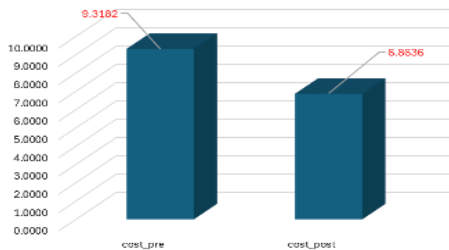


Fig. 13. Promedio de la reducción del costo para el servicio de transporte privado

La Fig. 13 muestra que el costo promedio del servicio de transporte privado disminuyó de 9 a 6 soles tras la implementación de la aplicación móvil, lo que representa una reducción del 33.33%. Este resultado indica un impacto positivo de la intervención, generando un ahorro económico significativo para los usuarios.

Indicador 3: Nivel de Satisfacción

TABLA VI
NIVEL DE SATISFACCIÓN ANTES DEL APLICATIVO

<i>Categoría</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Muy Mala	14	32%
Mala	18	41%
Regular	12	27%
Buena	0	0
Excelente	0	0%

TABLA VII
NIVEL DE SATISFACCIÓN DESPUÉS DEL APLICATIVO

<i>Categoría</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Muy Mala	0	0%
Mala	0	0%
Regular	0	0%
Buena	17	39%
Excelente	27	61%

Antes de implementar el aplicativo, la mayoría de los usuarios presentaban bajos niveles de satisfacción, predominando las categorías Mala (41%), Muy Mala (32%), y Regular (37%) sin registros de valoraciones Buenas o Excelentes, tal como se muestra en la tabla 6.

En la tabla 7, se observa una mejora significativa en los niveles de satisfacción. La categoría Excelente alcanzó el 61% de las respuestas, mientras que Buena aumentó al 39%. Paralelamente, las categorías Regular, Muy Mala y Mala disminuyeron considerablemente a 0%.

B. Análisis inferencial

1) Prueba de Normalidad

TABLA VIII
PRUEBA SHAPIRO-WILK PARA EL KPI DE REDUCCIÓN DE TIEMPO

<i>Indicadores</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
Tim_pre	0.908	44	0.002
Tim_post	0.905	44	0.002

TABLA IX.
PRUEBA SHAPIRO-WILK PARA EL KPI DE REDUCCIÓN DE COSTOS

<i>Indicadores</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
Cost_pre	0.895	44	0.001
Cost_post	0.924	44	0.006

TABLA X
PRUEBA SHAPIRO-WILK PARA EL KPI DE NIVEL DE SATISFACCIÓN

<i>Indicadores</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
Ns_pre	0.895	44	0.001
Ns_post	0.924	44	0.006

Basándonos en los resultados de las tablas VIII, IX y X, obtenidos de la muestra de 44 personas. En estas tablas se confirma que la distribución de los datos es normal por la que se aplicará la prueba paramétrica, T de Student para muestras independientes.

2) Formulación de Hipótesis

a) *Hipótesis Alternativa*: El desarrollo de una aplicación móvil accesible reducirá positivamente el tiempo de solicitud, el costo y aumentará el nivel de satisfacción para

el servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo, La Libertad.

b) *Hipótesis Nula*: El desarrollo de una aplicación móvil accesible no reducirá positivamente el tiempo de solicitud, el costo y no aumentará el nivel de satisfacción para el servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo, La Libertad.

3) Prueba de Hipótesis

Indicador 1 Reducción de Tiempo

TABLA XI
PRUEBA DE T STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES
PARA EL KPI DE REDUCCION DE TIEMPO

Hipótesis	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre t_{pre} y t_{post} es igual a 0	Prueba de T de Student para muestras independientes.	.000	Rechazar la hipótesis nula

Se concluye como el P es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde el desarrollo de una aplicación móvil accesible reducirá positivamente el tiempo de solicitud para el servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo, La Libertad.

Indicador 2 Reducción de Costos

TABLA XII
PRUEBA DE T STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES
PARA EL KPI DE REDUCCION DE COSTO

Hipótesis	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre c_{pre} y c_{post} es igual a 0	Prueba de T de Student para muestras independientes.	.000	Rechazar la hipótesis nula

Se concluye como el P es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde el desarrollo de una aplicación móvil accesible reducirá el costo del servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo, La Libertad.

Indicador 3 Nivel de Satisfacción

TABLA XIII
PRUEBA DE T STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES
PARA EL KPI NIVEL DE SATISFACCION

Hipótesis	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre s_{pre} y s_{post} es igual a 0	Prueba de T de Student para muestras independientes.	.000	Rechazar la hipótesis nula

Se concluye como el P es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde el desarrollo de una aplicación móvil accesible mejora el nivel de satisfacción con respecto al servicio de transporte privado para discapacitados visuales en Trujillo, La Libertad.

VII. DISCUSIÓN

La investigación analiza la creación de una aplicación móvil que cuenta con funciones de geolocalización y asistencia de voz para el transporte privado de personas con discapacidad visual en Trujillo, mostrando mejoras en el tiempo de solicitud, optimización de costos y mejora en la experiencia de los usuarios.

Diversos estudios destacan que optimizar el tiempo y la planificación de viajes es clave para potenciar la experiencia de

desplazamiento de individuos con limitaciones visuales. En consecuencia, los autores [9], precisan que el sistema V2IP basado en IoT, permitió anticipar la llegada del autobús y reducir errores y tiempos de espera. De forma complementaria, [10] propusieron un sistema con información en tiempo real que facilitó la programación anticipada del viaje. Asimismo, [14] resaltaron el uso de tecnologías móviles y módulos inalámbricos como apoyo a la orientación y movilidad. Estos hallazgos respaldan los resultados del presente estudio y validan la hipótesis uno: el desarrollo de una aplicación móvil accesible reducirá significativamente el tiempo de solicitud del servicio de transporte privado en personas con discapacidad visual.

En otro estudio, los autores [13] evidencian que la implementación de una aplicación para la localización precisa de paradas de autobús permitió disminuir los costos generales de transporte, al eliminar gastos derivados de errores en la ubicación de las paradas o de la dependencia de asistencia externa. Este resultado refleja el impacto positivo que puede tener el uso de tecnologías accesibles y autogestionadas, lo cual respalda la hipótesis número dos de esta investigación: el desarrollo de una aplicación móvil accesible contribuirá a una reducción efectiva en el costo del servicio de transporte privado para personas con discapacidad visual.

Asimismo, los hallazgos de esta investigación se alinean con estudios previos que destacan el valor de las soluciones tecnológicas diseñadas para usuarios con limitaciones visuales. Por ejemplo, [11] propusieron una solución basada en información en tiempo real que contribuyó a mejorar la seguridad y la comodidad durante los desplazamientos, subrayando la necesidad de desarrollar herramientas que no solo sean funcionales, sino que también generen experiencias positivas para los usuarios. En la misma línea, [12] desarrollaron mGuide, un sistema de navegación móvil caracterizado por su precisión, confiabilidad y alto nivel de usabilidad. La valoración positiva de los usuarios en cuanto a la capacidad de respuesta y el soporte durante sus trayectos evidencia el impacto favorable de este tipo de soluciones en la independencia funcional y el bienestar general de usuarios con discapacidad visual. Estos antecedentes refuerzan la relevancia nuestra hipótesis tres: la construcción de un app accesible aumentara el nivel de satisfacción para el servicio de transporte privado para discapacitados visuales.

Desde un enfoque tecnológico, esta investigación se diferencia significativamente por el uso de herramientas modernas y adaptadas a las necesidades de accesibilidad. Mientras estudios como el [15] se enfocaron en enriquecer aplicaciones de mapas GPS mediante pistas hápticas y sonoras, desarrolladas con tecnologías convencionales, esta propuesta se apoyó en Flutter para el frontend y Node.js para el backend, combinando Text-to-Speech (TTS) y Speech-to-Text (STT) para una interacción completamente auditiva.

Desde un enfoque metodológico, los autores [16] destacan el uso de la metodología RUP debido a la elaboración de diversos documentos y entregables, con el propósito de contar con una documentación completa que respalde su proceso de investigación. En contraste, en el presente trabajo se optó por la metodología Mobile-D, dado su enfoque ágil y su rapidez con la que pueden adaptarse a los cambios y necesidades del usuario

final. Esta elección resultó especialmente adecuada para el desarrollo de una aplicación móvil centrada en personas con discapacidad visual, ya que permitió iteraciones frecuentes, validación continua con usuarios y una integración efectiva de tecnologías como Flutter, Node.js y PostgreSQL.

Entre las limitaciones, se precisa que el estudio se llevó a cabo en un entorno controlado con una muestra compuesta exclusivamente por personas con discapacidad visual residentes en la ciudad de Trujillo, lo que limitó la generalización de los hallazgos a otras regiones del país. Si bien se abordaron aspectos relevantes del contexto urbano, el estudio no contempló las posibles variaciones en necesidades, expectativas y acceso a tecnologías que podrían presentarse en zonas rurales u otras ciudades del Perú.

VIII. CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos en esta investigación permiten concluir que el desarrollo de una aplicación móvil accesible generó un impacto positivo y significativo en múltiples aspectos relacionados con el acceso al transporte privado para personas con discapacidad visual en Trujillo.

En primer lugar, se logró desarrollar una aplicación móvil con funcionalidades específicamente diseñadas para este grupo poblacional, como comandos de voz y una interfaz simplificada. Estas características no solo facilitan el uso de la herramienta, sino que también representan un avance tecnológico importante hacia la inclusión digital, contribuyendo a reducir barreras tecnológicas y sociales que tradicionalmente enfrentan las personas con discapacidad visual.

Asimismo, se comprobó que la implementación de la aplicación permitió reducir el tiempo de solicitud del servicio de transporte privado en aproximadamente 36.84%. Este resultado evidencia una mejora sustancial en la eficiencia del proceso de solicitud, validando el primer objetivo de la investigación y reafirmando el potencial para optimizar servicios esenciales.

En términos económicos, la investigación reveló que el uso de la aplicación ayudó a los usuarios a reducir en promedio 33.33% los costos del servicio de transporte privado en comparación con métodos tradicionales. Este impacto no solo mejora la accesibilidad, sino que además genera un impacto favorable en la economía de los usuarios, cumpliendo con el segundo objetivo planteado.

Por otro lado, tras usar la nueva aplicación, los usuarios mostraron un aumento significativo en su nivel de satisfacción, calificando su experiencia como buena (39%) y excelente (61%), lo que respalda la importancia de crear tecnologías accesibles que mejoren la calidad de vida y autonomía de personas con discapacidad visual.

Para trabajos futuros, se sugiere integrar el aprendizaje automático para mejores rutas, el sistema podría "aprender" que ciertos lugares presentan más obstáculos para personas con discapacidad visual y evitarlos automáticamente. También sería pertinente evaluar la aplicación en otros contextos más allá del transporte, como la educación o el acceso a la información, con el fin de ampliar su influencia en el bienestar de las personas con discapacidad visual. Estas líneas de investigación permitirán avanzar hacia soluciones tecnológicas más inclusivas, adaptadas a una mayor diversidad de necesidades, y reforzarían el compromiso con una sociedad más accesible e igualitaria.

En conclusión, esta investigación demuestra que el desarrollo de una aplicación móvil accesible no solo facilita el acceso al transporte privado, sino que también tiene implicaciones directas en la inclusión social, la economía y la experiencia de los usuarios.

REFERENCIAS

- [1] G. Stevens, R. White, S. Flaxman, H. Price, J. Jonas, J. Keeffe, J. Leasher, K. Naidoo, K. Pesudovs, S. Resnikoff, H. Taylor, and R. R. A. Bourne, "Prevalencia global de la discapacidad visual y ceguera," 2013.
- [2] OMS, "Organización Mundial de la Salud," Ceguera y discapacidad visual, 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [3] OPS, "Organización Panamericana de la Salud", Discapacidad, 2023. <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>.
- [4] United States Department of Transportation, "Sitio web oficial del gobierno de los Estados Unidos.", Información sobre discapacidad y viajes fuera del hogar, 2011. https://www.bts.gov/archive/publications/freedom_to_travel/data_analysis.
- [5] Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE), Visual impairment and personal autonomy. A practical approach to rehabilitation, 2011.
- [6] H. Malik, R. Ahmad, and N. Ismail, "Barriers to mobility and transport accessibility among the visually impaired: A case for inclusive urban planning," Journal of Disability and Social Inclusion, 2018.
- [7] L. M. Turkstra, T. Bhatia, A. Van Os, and M. Beyeler, "Assistive technology use in domestic activities by people who are blind," Scientific Reports, vol. 15, no. 1, p. 7486, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-91755-w.
- [8] J. A. C. Castaneda, P.-C. Lin, P. C. K. Hung, H.-X. Zhong, H.-A. Tseng, Y.-F. Huang, and R. Ahmad, "Designing inclusive tech playful educative solutions for visually impaired learners in STEM education," Smart Learning Environments, vol. 12, no. 1, art. no. 4, Dec. 2025, doi: 10.1186/s40561-024-00358-x.
- [9] M. E. Achirei, D. Aioane y L. Alboae, "V2IP: An assistive system for visually impaired individuals to identify the correct vehicle in public transportation," Procedia Computer Science, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.10.399.
- [10] S. Mendonca, V. Kunze, V. Tejera y C. Mayr, "Assisted Mobility: An application to help the blind to use public transport," en 2022 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2022, doi: 10.1109/GHTC55712.2022.9911013.
- [11] M. Periša, P. Zorić y V. Anić, "Information service for the visually impaired persons in public transport – MAppIN," en Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering (LNICTST), 2022, doi: 10.1007/978-3-031-15101-9_10.
- [12] N. O. Onkoba, P. Karimi y P. O. Nyangaresi, "Design and implementation of a secure mobile phone-based route navigator (mGuide), adapted for the visually challenged people," Journal of Electrical Systems and Information Technology, vol. 10, art. no. 18, 2023, doi: 10.1186/s43067-023-00087-0.
- [13] S. Pundlik, P. Shivshanker, T. Traut-Savino y G. Luo, "Field evaluation of a mobile app for assisting blind and visually impaired travelers to find bus stops," Translational Vision Science and Technology, vol. 13, no. 1, art. no. 11, 2024, doi: 10.1167/tvst.13.1.11.
- [14] D. Zambrano, A. Daza, J. Pinargote, and E. Lituma, "Prototype for orientation of visually impaired people through a mobile application," Revista Científica, vol. 35, no. 2, pp. 247–257, 2019, doi: 10.14483/23448350.14523.
- [15] M. Paratore and B. Leporini, "Exploiting the haptic and audio channels to improve orientation and mobility apps for the visually impaired," Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, Universal Access in the Information Society, 2024, doi: 10.1007/s10209-023-00973-4.
- [16] C. Bolaños and E. Bladimir, "Mobile Application for Recognizing Colombian Currency with Audio Feedback for Visually Impaired People", Ing., vol. 29, no. 2, p. e21408, 2024, doi: 10.14483/23448393.21408